

# Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin.

Bd. LXXI. (Siebente Folge Bd. I.) Hft. 1.

## I.

### Ueber die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons im Muskelgewebe.

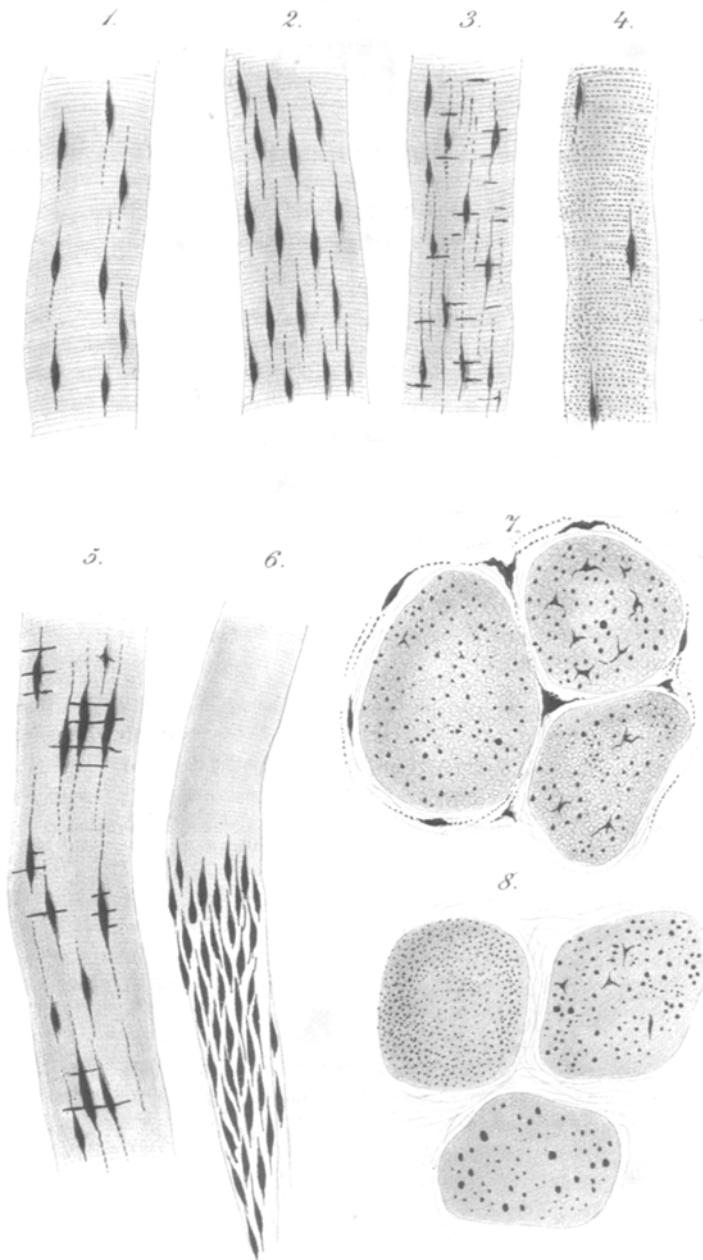
Von Prof. Dr. Julius Arnold in Heidelberg.

(Hierzu Taf. I.)

Die Untersuchung der glatten und quergestreiften Musculatur von Fröschen, denen Lösungen des indigschwefelsauren Natrons in das kreisende Blut infundirt worden waren, hatte schon bei den ersten derartigen Versuchen<sup>1)</sup> zu dem Ergebniss geführt, dass auch in diesen Geweben eine Abscheidung des Farbstoffes zu erreichen ist. Diese Angaben haben sehr bald durch L. Gerlach<sup>2)</sup>, insoweit sie die quergestreiften Muskeln betreffen, eine Bestätigung erfahren. Wenn ich dessenungeachtet heute auf eine Erörterung dieser Vorgänge zurückkomme, so geschieht dies, weil fortgesetzte Untersuchungen zu Beobachtungen geführt haben, welche mir für unsere

<sup>1)</sup> J. Arnold, Ueber das Verhalten des Indigcarmins in den lebenden Geweben. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. No. 51. 1875.

<sup>2)</sup> L. Gerlach, Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe lebender Thiere. Erlangen 1876. — In der ersten Mittheilung L. Gerlach's „Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons zu den Geweben etc.“ (Centralbl. f. d. med. Wissensch. No. 48. 1875.) finden sich keine auf diesen Gegenstand bezüglichen Angaben.



Anschauungen über die im Muskelgewebe sich vollziehenden Ernährungsprozesse von Bedeutung dünken.

Die Methoden, welche bei diesen Versuchen in Anwendung kamen, waren dieselben wie bei den früher mitgetheilten. Es wurden grössere Mengen einer 0,2—0,3 prozentigen wässrigen Lösung des indigschwefelsauren Natrons in continuirlich fliessendem Strom in die Vena abdominalis lebender Frösche mittelst des an einer anderen Stelle beschriebenen Infusionsapparates<sup>1)</sup> übergeleitet. Bei den meisten Versuchen bespülte ich überdies die zu untersuchenden Muskeln mit einer 1½ prozentigen Kochsalzlösung, um die Abscheidung des Farbstoffes zu befördern<sup>2)</sup>. Doch findet eine solche auch ohne Irrigation statt; es müssen nur in diesem Falle grössere Mengen des Farbstoffes infundirt werden. Um nach dem Tode eintretende Imbibitionen der Gewebe zu verhüten, ist es unbedingt erforderlich, die Muskeln dem lebenden Thiere zu entnehmen. Solche Objecte wurden dann frisch mit und ohne Zusatz von 1½ prozentiger Kochsalzlösung untersucht, um eine sichere Vorstellung über die während des Lebens erfolgenden Abscheidungen zu gewinnen. Ich will in dieser Beziehung gleich an dieser Stelle bemerken, dass der Farbstoff auch an ganz frischen Muskeln in körniger Form getroffen wird. Es ist somit in dieser Beziehung eine vollständige Uebereinstimmung mit den im Bindegewebe beobachteten Vorgängen<sup>3)</sup> vorhanden. Behufs der Anfertigung von Längs- und Querschnitten wurden die dem lebenden Thier ausgeschnittenen Muskel in absolutem Alkohol gehärtet und die Objecte durch Zusatz von Glycerin, das mit Chlorkalium gesättigt war, aufgehellt. Um die einzelnen Fasern zu isoliren, legte ich kleinere Muskelpartien in 10 prozentige Kochsalzlösung; aber auch von den in absolutem Alkohol erhärteten Muskeln lassen sich solche Präparate gewinnen, wenn man dem absoluten Alkohol Salzsäure (1—4 : 100) zusetzt. Endlich will ich

<sup>1)</sup> J. Arnold, Ueber die Kittsubstanz der Endothelien. Dieses Archiv Bd. 66. 1876.

<sup>2)</sup> R. Thoma, Beitrag zur Physiologie der Kittleisten des Epithels. Centralbl. f. d. med. Wissensch. No. 2. 1875. — Ueber die Kittsubstanz der Epithelien. Dies. Arch. Bd. 64. 1875. — Beitrag zur mikroskopischen Technik. Dies. Arch. Bd. 65. 1875.

<sup>3)</sup> J. Arnold, Zur Kenntniss der Saftbahnen des Bindegewebes. Dies. Arch. Bd. 68. 1876.

noch erwähnen, dass ich die verschiedensten Muskeln zur Untersuchung verwendete. Der Brusthautmuskel, der Mylohyoideus, die Bauchmuskeln eignen sich besonders zur Herstellung von Flächenpräparaten, die Extremitätenmuskeln zur Anfertigung von Längs- und Querschnitten, sowie von Zerzupfungspräparaten.

Ehe ich zur Darstellung der Befunde an den quergestreiften Muskelfasern übergehe, will ich zunächst der Abscheidungen des Indigearmins gedenken, wie sie in den bindegewebigen Umhüllungen der Muskeln — dem Perimysium externum und internum — zu Stande kommen.

Hat man einem Versuchstiere grössere Mengen (20—30 Cem.) des indigschwefelsauren Natrons infundirt und den Lymphsack an dem einen oder beiden Oberschenkeln gleichzeitig mit 1½ prozentiger Kochsalzlösung durchgespült, so trifft man fast immer an der Oberfläche der Musculatur dunkelblaue Flecke von bald geringerer bald grösserer, zuweilen vollkommen flächenartiger Ausdehnung. Bei der mikroskopischen Untersuchung solcher Partien finden sich netzförmige Zeichnungen von allerdings sehr wechselnder Configuration. Zuweilen sind nehmlich die Netze aus schmalen blauen Linien zusammengesetzt, welche nur an der Stelle der eckigen Knotenpunkte verbreitert erscheinen. Gewöhnlich trifft man grosse, dunkelblau gefärbte kuglige oder zackige Figuren, welche durch kurze und breite Ausläufer in Verbindung stehen. Zwischen den Netzen, mögen sie diese oder jene Form besitzen, sind lichte Felder gelegen, deren Gestalt und Grösse von dem Verhalten der ersteren abhängt. Sind diese breiter und massiger angelegt, so erscheinen die lichten Zwischenräume schmäler, während sie in demselben Maasse an Ausdehnung zunehmen, als die blauen Knotenpunkte und die sie verbindenden Linien zierlicher werden. Diese ebengeschilderten Verschiedenheiten der im Perimysium externum gelegenen Saftspalten erklären sich in der einfachsten Weise aus dem wechselnden Zustand der Füllung dieser; ist sie eine geringere, so werden die Netze eine zierlichere Form besitzen; je ausgiebiger dagegen die Abscheidung des Farbstoffes erfolgt ist, um so mehr müssen sie an Körper gewinnen. Nicht selten trifft man an benachbarten Stellen strotzend gefüllte Spaltsysteme neben solchen mit spärlichem Inhalt und ist dann im Stande, den continuirlichen Zusammenhang beider nachzuweisen. Ich hatte schon bei einer anderen Gelegen-

heit<sup>1)</sup>) betont, wie verschiedenartig die Configuration der Saftbahnen je nach ihrem Füllungszustand sich darstellt. Bei der lockeren Beschaffenheit der die Muskeln umhüllenden Bindegewebsmassen war zu erwarten, dass diese Verhältnisse in ganz besonderer Weise, ja in viel höherem Grade sich geltend machen werden als bei den Bindegewebssorten von dichterem Gefüge. Zum Studium der Lagerung der Zellen sind solche Objecte nicht besonders geeignet, weil der Farbstoff dieselben verdeckt. Taucht man aber solche Präparate in concentrirte Carminlösung, wascht sie rasch in Wasser aus undbettet sie in Glycerin ein, dem einige Tropfen Eisessig zugesetzt sind, so sieht man wenigstens die rothgefärbten Kerne. Wenn auch solche Präparate nicht sehr haltbar sind, so kann man sich doch an ihnen von der wandständigen Lagerung der letzteren überzeugen.

Im Perimysium internum gleicht die Configuration der blauen Netze mehr derjenigen anderer Bindegewebsarten. Die Knotenpunkte sind zierlicher, mehr zackig oder spindelförmig, die von ihnen ausgehenden Ausläufer schmäler und länger. Doch finden sich auch hier Verschiedenheiten und zwar nicht nur solche, welche durch die wechselnde Füllung der Spaltsysteme bedingt, sondern auch Differenzen, welche auf eine wechselnde Anordnung in den einzelnen Lagen des die Muskelfasern umscheidenden Bindegewebes zurückzuführen sind. Je näher die Saftspalten dem Sarcolemma liegen, um so zierlichere und engere Netze pflegen sie zu bilden. Unmittelbar auf dem Sarcolemma sind diese besonders dicht und liegen demselben oft so nahe und so fest auf, dass sie ihm anzugehören erscheinen. An isolirten Muskelfasern habe ich mich aber überzeugen können, dass dieselben das Sarcolemma nur umspinnen, nicht in ihm gelegen sind. Zwischen dem im Perimysium gelegenen Systemen von Saftspalten und Blutgefässen besteht ein unverkennbarer Zusammenhang. Es ist die Füllung der ersteren am vollkommensten in der Nachbarschaft der letzteren. Ueberdies besteht ein directer Zusammenhang zwischen den Saftspalten des Gewebes und den Räumen der Capillaradventitia.

Während in dem die Muskelfasern umhüllenden Gewebe eine mehr oder weniger hochgradige und ausgedehnte Abscheidung des

<sup>1)</sup> J. Arnold, Beitrag zur Kenntniss der Saftbahnen I. c.

Indigearmins zur Regel gehört, ist es mir nicht gelungen, eine solche für das Sarcolemma selbst nachzuweisen. Wie oben bereits ange deutet wurde, habe ich zwar wiederholt an nicht isolirten Muskel fasern blaue Punkte, Fäden und netzförmige Zeichnungen wahr genommen, welche dem Sarcolemma anzugehören schienen. Da ich aber an den isolirten Fasern diese Beobachtung nicht zu bestätigen vermochte, so halte ich es nicht für gerechtfertigt diese Farbstoff abscheidungen dem Sarcolemma zuzuschreiben. Es ist in dieser Beziehung um so mehr Vorsicht geboten, als, wie nachher erwähnt werden soll, nicht nur an der äusseren, sondern auch an der inneren Fläche desselben Farbstoffabscheidungen getroffen werden.

Von Gerlach und mir wird in gleichlautender Weise der be sonders ausgiebigen Farbstoffabscheidung am Sehnenende der Muskel fasern gedacht. Diese Angabe bedarf insofern, wenn nicht einer Correctur, so doch einer genaueren Erläuterung, als die intensive Färbung, wie sie in diesem Theil der Muskeln getroffen wird, nur zum Theil auf Rechnung einer Abscheidung innerhalb des Sarco lemmas kommt. Sie ist zum anderen Theil durch eine Abscheidung in dem das Ende der Muskelfasern umfassenden Sehnenansatz be dingt. Bei genauerer Untersuchung fand ich an dieser Stelle dicht gelagerte blaue spindelförmige Figuren getrennt durch schmale lichte Zwischenräume (cf. Fig. 6 Taf. I.). In den letzteren liegen feine Fasern, welche noch eine Strecke weit auf der Muskel faser hin sich verfolgen lassen. In der Richtung gegen die Sehne werden die blauen spindelförmigen Zeichnungen etwas spärlicher, die lichten die Fasern enthaltenden Zwischenräume breiter. Es ist nicht meine Absicht an dieser Stelle auf eine Erörterung der Verbindung zwi schen Sehne und Muskelfasern einzugehen. Dass die Beantwortung dieser immer noch offenen Frage durch die Untersuchung solcher Objecte wesentlich gefördert werden wird, diese Erwartung glaube ich dagegen aussprechen zu sollen.

Ich hatte oben erwähnt, dass in den dem Sarcolemmaschlauch angrenzenden Schichten des Muskel faserinhaltes eine Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons zu Stande komme, welche sehr häufig an der Stelle der Muskelkerne erfolgt. Dieselben erscheinen dunkelblau gefärbt (Taf. I. Fig. 1—5). Die Tingirung ist zuweilen eine gleichmässige. In anderen Fällen liegen die Farbstoffkörnchen an einer oder mehreren Partien der Kerne, während andere farb-

los sind. Ob die ersten von der Substanz der letzteren umschlossen werden oder ob der Farbstoff nur auf der Kernsubstanz und um dieselbe gelagert ist, lässt sich schwer entscheiden. Bei Kernen, die von der Kante gesehen werden, scheint das erste, bei Flächenansichten das zweite der Fall zu sein. Möglicherweise kommt beides vor. Ausser dieser intensiven Färbung der Kerne trifft man sehr häufig eine lichtere. Ich bin geneigt diese als eine Imbibitionserscheinung zu deuten. Um ein postmortales Phänomen kann es sich aber nicht handeln, weil ich dasselbe an ganz frischen noch lebenden Muskeln wahrgenommen habe. Möglicherweise handelt es sich um ähnliche Vorgänge, wie sie früher von den Kernen der Endothelien und Bindegewebskörper berichtet worden sind.

An diese Farbstoffabscheidungen, welche an den Kernen erfolgen, schliessen sich andere an. In der Richtung der Kernpole reihen sich Farbstoffkörnchen an, die von den ersten sich häufig sehr weit entfernen, und zwischen den einzelnen Kernen Verbindungen herstellen (cf. Fig. 2, 3 und 5 Taf. I.). So kommt es, dass man in der Längsrichtung der Fasern verlaufende Körnerreihen trifft, in die ovale oder spindelförmige Gebilde, die Muskelkerne, eingeschaltet sind. Ganz oberflächlich unmittelbar unter dem Sarcolemma weichen die Körnerreihen zuweilen von der Längsrichtung ab und zeigen dann eine mehr netzförmige Anordnung.

In grösserer Entfernung vom Sarcolemma finden sich ebenfalls zahlreiche gefärbte Muskelkerne. Die Färbung ist auch an ihnen keine gleichmässige, indem sie bald die ganzen Kerne, bald nur einzelne Theile derselben betrifft, während andere ganz ungefärbt sind. Wiederholt ist es mir aufgefallen, dass an Muskelfasern, in denen eine Abscheidung von Indigearmin stattgefunden hat, die Zahl der Muskelkerne viel grösser erscheint. Ich habe Fasern beobachtet, bei denen dieselben ziemlich dicht gelagert waren und zwar habe ich diese Wahrnehmung in den verschiedensten Jahreszeiten gemacht. Zum Theil mag sich dieses Verhalten daraus erklären, dass durch die Abscheidung von Farbstoff an Stellen, wo Kerne gelegen sind, diese leichter sichtbar werden.

Ausser an den Kernen findet wie in dem oberflächlichen so auch in den tieferen Schichten des Muskelfaserinhaltes eine Ablagerung von Farbstoffkörnchen noch in Form von Reihen statt, dieselben schliessen sich allerdings sehr häufig an die Kerne an,

kommen aber auch an anderen Stellen vor. Jedenfalls ist das Phänomen der Abscheidung nicht an diese gebunden; denn nicht selten sind Muskelfasern in allen Schichten von einzelnen Körnchen oder Körnerreihen durchsetzt, während keine oder nur vereinzelte Kerne Farbstoffablagerung zeigen (cf. Fig. 4).

Es ist oben hervorgehoben worden, dass die Farbstoffkörner vorwiegend in der Längsrichtung der Fasern angeordnet sind. Die-selben bilden dann Körnerreihen, welche zwischen den Muskel-fibrillen gelegen sind und zwar an denjenigen Stellen, an welchen unter anderen Verhältnissen lichte schmale mit Körnern gefüllte meistens linienförmige, zuweilen etwas verbreiterte Spalten gelegen sind, die die sogenannten interstitiellen Körner enthalten. In an-deren Fällen erfolgt die Abscheidung des Farbstoffes nicht nur in der Richtung dieser Spalten, sondern in mehr gleichmässiger Art. Es erscheinen die Fasern wie mit blauen Farbstoffkörnchen durch-setzt (Fig. 4). Die Zeichnung hat dann die grösste Aehnlich-keit mit derjenigen, welche J. Gerlach<sup>1)</sup> an den mit Gold behan-delten Muskelfasern als Sprengelung geschildert hat. Die Substanz des Muskelfadens erscheint wie durchsät mit kleinen blauen Körnchen, welche zuweilen zu feinen Fäden sich aneinanderreihen.

Eines merkwürdigen Befundes muss ich noch gedenken. An einzelnen Stellen trifft man quer verlaufende feine Linien, die gleich-falls aus Körnern sich zusammensetzen. Ihre Länge ist eine sehr ver-schiedene; bald sind sie nur sehr kurz, bald nehmen sie einen grösseren Theil der Circumferenz der Muskelfasern ein (Fig. 3 und 5). Nicht selten laufen sie vereinzelt oder zu mehreren quer über einen oder mehrere Muskelkerne weg. Im letzteren Fall entstehen viereckige lichte Felder, welche nach vier Seiten von blauen Linien eingesäumt sind.

Auf dem Querschnitt (Fig. 8 und 7) kann man sich zunächst überzeugen, dass eine Farbstoffabscheidung in allen Schichten der Muskelfaser, nicht etwa nur in den oberflächlichen erfolgt. Die-selbe ist bald unter dem Sarcolemma bald in den mittleren Ab-schnitten beträchtlicher. Man findet in mässig grossen Abständen rundliche und zackige oder vollkommen verästigte Figuren und zwi-

<sup>1)</sup> J. Gerlach, Das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln.  
Leipzig 1874.

schen ihnen feinere Körnchen in grosser Zahl. Manchmal werden die ersten vermisst, während der ganze Querschnitt von den letzteren in ganz dichter Weise durchsetzt ist. Was die Lagerung der Farbstoffmassen zu dem übrigen Muskelinhalt anbelangt, so konnte an Querschnitten, an denen die sogenannten Muskelsäulchen kenntlich waren, der Nachweis geführt werden, dass die grösseren Farbstoffabscheidungen neben den Muskelkernen in Lücken zwischen den Muskelsäulchen lagen, während die feineren Körner die den Querschnitten der Muskelsäulchen entsprechenden Felder umsäumten. Doch waren auch in diesen selbst Farbstoffkörnchen gelegen, gewöhnlich nur vereinzelt, zuweilen aber sehr zahlreich. Aus diesen Befunden am Muskelquerschnitt würde sich somit ergeben, dass die Farbstoffabscheidungen hauptsächlich zwischen den Muskelsäulchen erfolgen, dass aber auch bald mehr bald weniger Farbstoffkörner zwischen den einzelnen die Muskelsäulchen zusammensetzenden Fibrillen getroffen werden.

Von den in den vorstehenden Zeilen berichteten Thatsachen ist die bedeutungsvollste wohl die, dass bei der Infusion von indigeschwefelsaurem Natron in das kreisende Blut Abscheidungen dieses Farbstoffes innerhalb des Sarcolemmaschlauches zu Stande kommen. Die Art und Weise, wie diese Abscheidungen erfolgen, und die Wahrnehmung, dass sie nicht an beliebigen, sondern an bestimmten Stellen des Muskelinkaltes sich vollziehen, weisen auf eine gewisse Gesetzmässigkeit dieser Vorgänge hin. Erwägt man überdies die Entstehungsbedingungen, unter denen diese Farbstoffablagerungen zu Stande kommen, so wird man ihre Beziehung zu den Ernährungsvorgängen nicht erkennen können. Man wird um so weniger Anstand nehmen von den Vorgängen der Abscheidung auf die Ernährungsprozesse einen Schluss zu ziehen, als die an anderen Ge weben bei solchen Infusionsversuchen gemachten Wahrnehmungen unsere auf diesen Gegenstand bezüglichen Kenntnisse wesentlich erweitert haben.

Dem physiologischen Postulat, dass der Muskel ernährt werde, ja dass die Ernährungsvorgänge in ihm sehr lebhafte sein müssen, hat man von anatomischer Seite zu verschiedenen Zeiten versucht gerecht zu werden. Die ersten Andeutungen über eine diesen Zwecken dienende Vorrichtung findet sich schon bei Jacquemin<sup>1)</sup>,

<sup>1)</sup> Jacquemin, *Isis*. 1835.

Skey<sup>1)</sup> und Valentin<sup>2)</sup>), die in der Axe aller Muskelprimitivbündel einen Kanal annehmen, der mit einer gallertigen Masse gefüllt sein soll. Henle<sup>3)</sup> erwähnt grösserer und kleinerer dunkler Körnchen, welche in schmalen Längsreihen in der Mitte des Bündels liegen. Eine neue Anregung erhielt diese Frage durch die Mittheilung Leydigs<sup>4)</sup>), dass die Muskelprimitivfasern von einem Lückensystem durchzogen werden. Es folgte eine grosse Zahl von Arbeiten über diesen Gegenstand; ich erinnere nur an diejenigen von Kölliker<sup>5)</sup>, Rollett<sup>6)</sup>, Häckel<sup>7)</sup>, Führer<sup>8)</sup>, Böttcher<sup>9)</sup>, O. Weber<sup>10)</sup>, Sczelkow<sup>11)</sup>, Deiters<sup>12)</sup>, Welker<sup>13)</sup> u. A. Die Ansichten der genannten Autoren gingen zunächst bezüglich der Existenz dieses Lückensystems auseinander; aber auch diejenigen, welche für diese eintraten, waren nicht ganz einig in ihren auf die Beschaffenheit und die Begrenzung des Lückensystems sich beziehenden Angaben. Die Einen nahmen an, dass dasselbe ein einfaches zwischen den Fibrillen gelegenes Spaltsystem darstelle, die Anderen schrieben demselben Wendungen zu und brachten es in innige Beziehung zu den Muskelkörperchen, welche unter einander in ausgedehnter Anastomose stehen sollten. Die meisten der genannten Autoren stimmten aber darin überein, dass es sich um eine Vorrichtung handle, welche mit der Ernährung der Muskelfasern in Zusammenhang zu bringen sei. Dagegen hat Kölliker die Vermuthung ausgesprochen, dass die in den Lücken gelegenen sogenannten interstitiellen Körner einem directen Zerfall der Muskelfibrillen ihren Ursprung verdanken und der Ausdruck des normalen Stoffwechsels

<sup>1)</sup> Skey, Philosophic. transact. 1837.

<sup>2)</sup> Valentin, Müller's Archiv 1840.

<sup>3)</sup> Henle, Allgemeine Anatomie 1841.

<sup>4)</sup> Leydig, Müller's Arch. 1856. — Histologie. 1857. — Vom Baue des thierischen Körpers. Tübingen 1864.

<sup>5)</sup> Kölliker, Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool. Bd. VIII. 1857.

<sup>6)</sup> Rollett, Moleschott's Unters. Bd. 3. 1857.

<sup>7)</sup> Häckel, Müller's Arch. 1857.

<sup>8)</sup> Führer, Archiv f. physiolog. Heilkunde Bd. 5. 1859.

<sup>9)</sup> Böttcher, Dieses Archiv Bd. 13. 1858.

<sup>10)</sup> O. Weber, Dieses Archiv Bd. 14. 1858.

<sup>11)</sup> Sczelkow, Dieses Archiv Bd. 19. 1860.

<sup>12)</sup> Deiters, Zeitschr. f. Anatomie u. Physiolog. 1861.

<sup>13)</sup> Welker, Zeitschr. f. rat. Med. Ser. III. Bd. 10. 1861.

in den Muskeln seien. Die Existenz des von Leydig beschriebenen Lückensystems erkennt Kölliker nicht an. Bei Besprechung der Bedeutung der Cohnheim'schen Felder kommt Kölliker<sup>1)</sup> auf diesen Gegenstand zurück. In dieser Mittheilung wird ausführlich der Zwischensubstanz der Muskeln gedacht, deren Zusammensetzung aus einem gleichartigen flüssigen und einem geformten Bestandtheil betont, sowie endlich deren Beziehung zu den „Muskelsäulchen“ erörtert. Auch in der neusten Zeit ist von mehreren Seiten einer zwischen den Muskelfibrillen gelegenen Zwischensubstanz Erwähnung geschehen.

Ich verweise auf die Arbeiten von Kühne<sup>2)</sup>, Sachs<sup>3)</sup>, Arndt<sup>4)</sup>, J. Gerlach<sup>5)</sup>, L. Gerlach<sup>6)</sup>, Biedermann<sup>7)</sup>, Ewald<sup>8)</sup>, Engelmann<sup>9)</sup>, Fischer<sup>10)</sup> und Frey<sup>11)</sup>.

Einige der genannten Autoren (Sachs, Biedermann) bringen diese Zwischensubstanz in Verbindung mit einer Verkittung oder Ernährung der Muskelemente. L. Gerlach weist auf das gesprengelte Aussehen hin, welches die Muskelfasern in Folge der Abscheidung von indigschwefelsaurem Natron annehmen. Die Farbstoffkörnchen verlegt derselbe in das interfibrilläre Protoplasma, dem unstreitig die Rolle zufalle, für die Ernährung der contractilen quergestreiften Substanz Sorge zu tragen. Andere halten die Zwischensubstanz für eine nervöse oder mindestens reizleitende. So vertritt z. B. Arndt die Ansicht, dass jede einzelne Fibrille mit

<sup>1)</sup> Kölliker, Ueber die Cohnheim'schen Felder etc. Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. Bd. 16. 1866.

<sup>2)</sup> Kühne, Physiolog. Chemie. 1868.

<sup>3)</sup> Arndt, Unters. üb. d. Endigung d. Nerven in d. quergestreiften Muskelfasern. Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. 9. 1873.

<sup>4)</sup> Sachs, Die quergestr. Muskelfasern. Arch. f. Anatomie u. Physiologie. 1872.

<sup>5)</sup> J. Gerlach, Das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln 1874, u. Archiv f. mikroskop. Anatomie. Bd. XIII. H. 2.

<sup>6)</sup> L. Gerlach, l. c.

<sup>7)</sup> Biedermann, Zur Lehre vom Bau d. quergestreiften Muskelfasern; Sitzungsbericht d. Wiener Akademie d. Wissenschaften. Bd. 74. Abth. II. 1876.

<sup>8)</sup> Ewald, Ueber d. Endigung d. motor. Nerven. Pflüger's Arch. Bd. XII. 1876.

<sup>9)</sup> Engelmann, Contractilität u. Doppelbrechung. Pflüger's Arch. Bd. XI. 1875.

<sup>10)</sup> Fischer, Ueber die Endigung der Nerven im quergestreiften Muskel. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. XIII. H. 2. 1876.

<sup>11)</sup> Frey, Histologie 1876.

dem ibren Bündel zugehörigen Nerven unmittelbar und für sich zusammenhänge und von ihm beeinflusst werde. J. Gerlach nimmt einen directen Zusammenhang der interfibrillären Muskelsubstanz, welche er für identisch mit der isotropen hält, mit den intravaginalen Nerven an. Engelmann unterscheidet in jeder Muskelfaser eine in der Längsrichtung der Faser durchlaufende isotrope reizbare und reizleitende Grundsubstanz, in welcher in regelmässigen Abständen Schichten doppelbrechender contractiler Theilchen eingebettet wären. Die erstere wird als nervöse, die letztere als motorische bezeichnet. Von Ewald, Biedermann und Fischer wird vor allem die von J. Gerlach substituierte Identität der isotropen Substanz mit derjenigen, welche durch die Reduction des Goldsalzes die sogenannte Sprengelung der Muskelfasern bedingt, in Abrede gestellt. Biedermann sucht vielmehr darzuthun, dass diese Eigenschaft der interfibrillären Substanz zukomme.

Inwiefern sind nun die oben berichteten Befunde geeignet, zu der Entscheidung dieser Frage beizutragen? Es wurde nachgewiesen, dass die Abscheidung des Farbstoffes namentlich in der Längsrichtung der Muskelfasern erfolgt und dass die Farbstoffkörnchen hauptsächlich zwischen den Fibrillen abgelagert werden. Man wird in Anbetracht dieses Verhaltens, sowie namentlich mit Rücksicht auf die Befunde an Muskelquerschnitten keinen Anstand nehmen, die Farbstoffabscheidungen wesentlich in die interfibrilläre Substanz zu verlegen. Bemerkenswerth ist, dass durch die ersteren in den Muskelfasern eine Zeichnung zu Stande kommt, welche mit der an vergoldeten Muskeln von J. Gerlach beschriebenen Sprengelung mehr oder weniger übereinstimmt.

Bedenkt man, an welchen Stellen, in welcher Form und unter welchen Bedingungen die Farbstoffabscheidung in der interfibrillären Substanz erfolgt, so wird es gerechtfertigt erscheinen, dieselben in erster Linie mit den in den Muskelfasern ablaufenden Ernährungsvorgängen in Zusammenhang zu bringen. Eine Bestätigung für diese Auffassung ergiebt sich, wenn man berücksichtigt, an welchen Stellen und unter welchen Verhältnissen die früher an den epithelialen, endothelialen und bindegewebigen Gebilden von Thoma, Küttnér und mir beschriebenen Farbstoffabscheidungen eintreten. Dass diese zwischen den Epithelien und Endothelien, sowie innerhalb des Saftkanalsystems und zwischen den Fibrillen des Binde-

gewebes erfolgen, weist unverkennbar auf deren Beziehung zur Saftbewegung hin. In Anbetracht dieser Erfahrungen wird man berechtigt sein, der interfibrillären Substanz der quergestreiften Muskelfasern eine Rolle bei der Ernährung dieser zuzuerkennen. Das Verhalten derselben gegen Gold wird diese Auffassung nicht zu gefährden, im Gegentheil zu stützen im Stande sein, weil auch dem Inhalt des Saftkanalsystems z. B. der Hornhaut dieselbe Eigenschaft die Goldsalze zu reduciren zukommt.

Dass ausserdem der interfibrillären Substanz die Aufgabe der Verkittung der Muskelemente zufällt, ist möglich, ja selbst wahrscheinlich.

Ob dieselbe endlich noch als eine reizleitende aufzufassen sei, wage ich nicht zu entscheiden. Die oben mitgetheilten Beobachtungen haben für eine solche Annahme keine Anhaltspunkte ergeben. Nur darauf glaube ich aufmerksam machen zu sollen, dass aus ihrem Verhalten gegen Goldsalze noch nicht auf ihre nervöse Natur mit Sicherheit geschlossen werden kann, aus Gründen, die ich soeben angedeutet habe. Ja selbst der von J. Gerlach demonstrierte Zusammenhang dieser Zwischensubstanz mit dem intravaginalen Nervennetz darf, die Richtigkeit der Beobachtung vorausgesetzt, nicht als entscheidend in dieser Richtung aufgefasst werden. Es wäre z. B. ganz gut denkbar, dass der Anschein eines Zusammenhangs der Nervenfasern mit den in der interfibrillären Substanz gelegenen Körnerreihen dadurch erzeugt ist, dass die feinsten Enden der ersteren da und dort in der letzteren eingebettet liegen. Ich führe dies nur an, um zu zeigen, dass noch andere Deutungen möglich sind und dass die Frage, ob die interfibrilläre Substanz nervöser Natur ist oder nicht, vorerst noch als eine offene betrachtet werden muss.

Während dem Mitgetheilten zufolge die Bedeutung der in der Längsrichtung der Muskelfasern erfolgenden Farbstoffabscheidungen für die Lehre von dem Stoffwechsel im Muskelgewebe kaum zweifelhaft sein möchte, ist es schwierig bezüglich der in der Querrichtung der Fasern nachgewiesenen Zeichnungen bestimmte Aussagen zu machen. Es liegt ja nahe anzunehmen, dass auch in dieser Richtung eine die Ernährung vermittelnde Substanz angeordnet sei. Im Interesse der Sache scheint es mir geboten, bestätigende und erweiternde Beobachtungen über diesen Punkt ab-

zuwarten und dann erst zu erörtern, in wie weit sich dieselben für den Ausbau der Lehre von der feineren Structur der quergestreiften Muskelfaser verwerthen lassen. Dagegen sei an dieser Stelle noch auf das eigenthümliche Verhalten der Farbstoffabscheidung an der Oberfläche der Muskelfaser, unmittelbar unterhalb des Sarcolemmaschluches, aufmerksam gemacht. Es ist oben darauf hingewiesen worden, dass an dieser Stelle dieselbe zuweilen eine besonders ausgiebige und die Anordnung der Farbstoffkörnchen insofern eine eigenthümliche ist, als sie in Form von allerdings sehr unvollständigen Netzen sich an einander reihen. Es wäre denkbar, dass diese Anordnung mit einer Vorrichtung in Zusammenhang stünde, welche der Verbreitung des Ernährungsshaftes an der Oberfläche der Muskelfaser diente. Ob und inwieweit diese netzförmigen Zeichnungen mit den von J. Gerlach an vergoldeten Muskelfasern nachgewiesenen identisch sind, glaube ich hier nicht erörtern zu sollen.

Auf welchem Wege und in welcher Form gelangen die Farbstoffmassen in das Innere des Sarcolemmaschluches? L. Gerlach ist der Ansicht, dass der Farbstoff mittelst Diffusion den Sarcolemmaschluch durchdringe und durch die spätere Anwendung von Alkohol im Muskelinhalt körnig gefällt werde. Dagegen habe ich zu erwähnen, dass körnige Abscheidungen auch am frischen Muskel getroffen werden. Ob der Farbstoff in gelöster Form durch das Sarcolemma diffundirt und innerhalb desselben erst körnig abgeschieden wird oder ob im Sarcolemma dennoch Bahnen bestehen, die nur bei den bisher angewendeten Methoden nicht zur Anschauung gekommen sind; die Entscheidung dieser Frage wird um so weniger möglich sein, als die negativen Befunde an Sarcolemma weder in der einen noch anderen Richtung als Beweismittel zu verwerthen sind. Ich vermag deshalb auch nicht anzugeben, inwiefern die Angabe Thin's<sup>1</sup>), dass das Sarcolemma an seiner Oberfläche mit glatten Zellen besetzt sei, begründet ist oder nicht.

Die im Perimysium externum und internum erfolgenden Abscheidungen bedürfen keiner Erörterung. Die an diesen Stellen gemachten Beobachtungen schliessen sich an die früher berichteten an.

<sup>1</sup>) Thin, On the minute anatomy of muscle and tendon etc. Edinburgh med. Journ. 1874.

Als die geeignetsten Objecte, um die Abscheidung des indig-schwefelsauren Natrons in der glatten Musculatur zu beobachten, sind die Lungen und Harnblase des Frosches anzuführen. Die Methode ist dieselbe, wie sie oben angegeben wurde; ich will deshalb nur erwähnen, dass man die Abscheidung sehr befördert, wenn die Bauchhöhle mit einer 1½ procentigen Kochsalzlösung durchgespült wird.

Untersucht man die genannten Organe frisch oder unter Zusatz von Kochsalzlösung oder nach vorausgegangener Härtung in absolutem Alkohol, so finden sich fast immer bald nur vereinzelte, bald zahlreiche Muskelbündel, in denen die Abscheidung von Indig-carmin zu Stande gekommen ist. Dieselbe stellt sich in der Art dar, dass zwischen den einzelnen Faserzellen blaue Körnchen gelegen sind. Dieselben liegen zuweilen nur vereinzelt, gewöhnlich stellen sie Reihen von Körnern dar, die bald länger bald kürzer sind, sehr häufig aber eine Faserzelle auf einer oder beiden Seiten in ihrem ganzen Verlauf begleiten. Bei Muskelbündel, welche nur aus einzelnen Fasern bestehen, findet man dem entsprechend nur einige blaue Linien, welche genau dem Verlauf der ersteren sich anschliessen, indem sie den Raum zwischen zwei Muskelfasern einnehmen. Bauen sich die Muskelbündel aus mehreren oder vielen Zellen auf, so wird die der Farbstoffabscheidung entsprechende Zeichnung etwas complicirter und gleichzeitig unregelmässiger. Man findet an den einen Stellen zwischen den Muskelfasern nur einzelne Körnchen oder Körnerreihen, an den anderen sind die letzteren sehr zahlreich, lang und säumen die Muskelfasern vollständig ein.

Der sehr einfache Thatbestand an der glatten Musculatur wäre also der, dass in den Muskelbündeln zwischen den einzelnen Faserzellen vereinzelte Farbstoffkörnchen und mehr oder weniger lange Reihen von solchen abgeschieden werden.

Ehe ich zu einer Deutung dieser Befunde übergehe, muss ich auf ein Structurverhältniss des glatten Muskelgewebes hinweisen, ohne dessen Berücksichtigung die oben geschilderten Vorgänge kaum verständlich sind. Schon vor längerer Zeit ist von verschiedenen Seiten<sup>1)</sup> darauf hingewiesen worden, dass zwischen den glatten Muskelfasern sehr spärliche Mengen einer Substanz gelegen seien; dieselbe wurde damals hauptsächlich mit der Verkittung der einzel-

<sup>1)</sup> J. Arnold, Gewebe der organischen Muskel. Leipzig. Engelmann 1869.  
Dasselbst finden sich die auf diesen Gegenstand bezüglichen Angaben.

nen Zellen in Verbindung gebracht. Mit Rücksicht auf diese vermutliche Function einerseits und ihre ganze Anordnung zwischen den Muskelfasern andererseits wurden sie als Kittleisten beschrieben. Soviel mir bekannt hat His zuerst erwähnt, dass diese durch sal-petersaures Silberoxyd intensiv schwarz gefärbt werden; ich selbst habe darauf hingewiesen, dass die Substanz der Kittleisten auch die Goldsalze zu reduciren vermöge und dass in dieser Körner gelegen sind, die, wie ich heute hinzufügen will, in ihrer Erscheinung mit den interstitiellen Körnern der quergestreiften Muskelfasern die grösste Aehnlichkeit haben, sowie überhaupt in vielfacher Beziehung die Aehnlichkeit der interfibrillären Substanz dieser mit der zwischen den Zellen des glatten Muskelgewebes gelegenen nicht zu verkennen ist. Wie oben dargethan wurde, erstreckt sich diese auch auf die Vorgänge der Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons.

In Erwägung der oben erörterten Verhältnisse wird es gerechtfertigt erscheinen, wenn bei der Deutung der intercellularen Farbstoffabscheidungen dieselben Gesichtspunkte in Anwendung kommen, wie bei der interfibrillären der quergestreiften Musculatur. Dem entsprechend müssten sie in erster Linie zu den Ernährungsvorgängen in diesem Gewebe in Beziehung gebracht werden. Der Hinweis auf die Bedingungen, unter denen die Farbstoffabscheidung zu Stande kommt, kann nur geeignet sein eine solche Anschauung zu unterstützen; auch die Befunde an den Epithelien, Endothelien und den verschiedenen Bindegewebsarten würden in einem solchen Sinne zu verwenden sein. Dass der Zwischensubstanz ausserdem noch die Rolle der gegenseitigen Verbindung der Zellen zukommen mag, ist wahrscheinlich.

Es würde schliesslich noch die Frage zu erwägen sein, ob die Zwischensubstanz des glatten Muskelgewebes ausserdem noch eine nervöse ist. Es kann die Erörterung derselben nicht umgangen werden, weil Loewit, in derselben Weise wie J. Gerlach für die interfibrilläre Substanz der quergestreiften Muskelfaser, aus dem Verhalten derselben gegen Goldsalze und dem scheinbaren Zusammenhang der durch Gold reducirten Substanz mit Nervenfasern den Schluss zieht, dass sie nervöser Natur sei. Was zunächst das Verhalten der Zwischensubstanz gegen Goldsalze anbelangt, so ist oben bereits darauf hingewiesen worden, dass wir aus demselben noch nicht die nervöse Natur derselben ableiten dürfen, weil auch anderen

Substanzen die Fähigkeit zukommt die Goldsalze in dieser Weise zu reduciren. Wir sind zu einer solchen Annahme um so weniger berechtigt als die bei der Behandlung mit Goldsalzen entstehenden Zeichnungen vollständig mit denjenigen übereinstimmen, welche bei der Versilberung und bei der Infusion von Farbstoffen in's Blut durch Abscheidung dieser an der Zwischensubstanz zu Stande kommen.

Auch den von Loewit demonstrierten Zusammenhang der durch Gold gefärbten Körnerreihen mit wirklichen Nervenfasern kann ich für die nervöse Natur der ersteren nicht als beweisend erachten. Da die Nervenfasern zwischen den Muskelfaserzellen verlaufen, somit an denselben Stellen mit den durch Gold reducirten Körnern gelegen sind, so entsteht sehr leicht der Anschein eines Continuitätsverhältnisses zwischen beiden, während sie thatsächlich nur neben einander liegen. Wollen wir objectiv sein, so müssen wir anerkennen, dass weder für die interfibrilläre Substanz der quergestreiften, noch für die intercelluläre der glatten Musculatur ein continuirlicher Zusammenhang mit Nervenfasern nachgewiesen ist, während ihre Beziehung zu den in diesen Geweben sich vollziehenden Ernährungsvorgängen durch die Farbstoffabscheidungen, welche an diesen Stellen bei der Infusion von Indigecarmine in das Blut des lebenden Thieres eintreten, dargethan wird.

### Erklärung der Abbildungen.

#### Tafel I.

- Fig. 1. Eine quergestreifte Muskelfaser mit Farbstoffabscheidungen an Stelle der Kerne und Kerapole.
- Fig. 2. Dasselbe; nur sind die Kerne zahlreicher.
- Fig. 3. An die gefärbten Muskelkerne schliessen sich lange Körnerreihen an, welche die ersteren unter einander verbinden. Ausserdem finden sich aber quer verlaufende blaue Linien.
- Fig. 4. Eine Muskelfaser mit sehr zahlreicher körniger Farbstoffabscheidung, während nur einzelne Muskelkerne gefärbt sind.
- Fig. 5. Eine Muskelfaser mit Farbstoffabscheidung an den Kernstellen in der Längs- und Querrichtung.
- Fig. 6. Farbstoffabscheidung am Sehnenansatz.
- Fig. 7. Querschnitt von Muskelfasern. Im Perimysium internum finden sich sternförmige und punctirte blaue Zeichnungen. Innerhalb des Sarcolemmaschlauches sind theils verästigte, theils punktförmige Zeichnungen vorhanden, die hauptsächlich zwischen den querdurchschnittenen Muskelsäulchen gelegen sind.
- Fig. 8. Dasselbe; nur sind die Muskelsäulchen nicht kenntlich.